

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—176731

⑤ Int. Cl.³

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和59年(1984)10月6日

G 02 F 1/315

7348—2H

G 02 B 5/174

8106—2H

発明の数 1

審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ 光スイッチ

⑯ 発明者 瀬恒謙太郎

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑰ 特 願 昭58—50677

⑱ 出 願 昭58(1983)3月25日

⑯ 発明者 和佐清孝

⑰ 発明者 川口隆夫

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑰ 出 願 人 松下電器産業株式会社

⑰ 発明者 足立秀明

門真市大字門真1006番地

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑱ 代理人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光スイッチ

2. 特許請求の範囲

(1) サファイヤ(α-アルミナ)基板と上記サファイヤ基板上に設けられたPLZT系薄膜からなる少なくとも2本の互いに交差する光導波路と、上記光導波路の交差路上に設けられた一定間隔の電極空隙と、上記電極空隙が上記光導波路の鋭角なる交差角の2等分線上に位置するように上記交差路上に配設された制御電極と、上記光導波路と制御電極との間に設けられたPLZT系薄膜より小さい屈折率を有するバッファ層を備え、上記光導波路を上記PLZT系薄膜表面に帯型の上記PLZT系薄膜よりなる凸部を形成して構成したことを特徴とする光スイッチ。

(2) PLZT系薄膜において、PbとTiのモル比率 Pb/Ti が、

$$0.65 \leq Pb/Ti \leq 0.90$$

の範囲にあることを特徴とする特許請求の範囲

第1項記載の光スイッチ。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は光スイッチに関する。特に本発明は薄膜光導波路用の全反射型光スイッチの構成とその構成材料に関するものである。

従来例の構成とその問題点

従来、光スイッチとして、例えば $LiNbO_3$ 単結晶のような電気光学効果による屈折率変化を利用した光学材料が用いられていた。この場合、例えば第1図に示すように表面を研磨した $LiNbO_3$ 単結晶基板11の表面層にTi金属を拡散させて互いに交差する光導波路12を形成するとともに、制御電極13を石英ガラスからなるバッファ層14を介して光導波路の交差路15上に設け、制御電極空隙131に電界を印加し、電極空隙131下の光導波路の屈折率を低下させ低屈折率層を形成し、光導波路中を伝搬する光を低屈折率層との界面で全反射させ光の方向を変化させる光スイッチにしようとするものであった。すなわち、たと

えば、 θ_1 から θ_2 に進む光を電圧の印加により θ_1 から θ_3 に変向させるものである。

しかしながら、 LiNbO_3 単結晶基板 11 の電気光学効果による屈折率の変化量 Δn は、 1 KV/mm の電界でたかだか 10^{-4} 程度であり、例えば制御電極 13 のギャップ（空隙 131）の幅 $4 \mu\text{m}$ の全反射型光スイッチの場合、スイッチング動作させるためには 60 V 以上の電圧が必要となり、低電圧駆動が困難であった。さらに、Ti 拡散による導波路形成は 1000°C 以上の熱処理が必要であり、微小光学素子例えば微小レンズ、プリズムなどの形成が困難であった。また、この種の基板では、半導体素子例えば Si からなる微小光検出素子のモノリシックな集積化が困難であり、高密度の光デバイス例えば光 IC 用の光スイッチとしては実用性に欠くという欠点があった。

以上の欠点を克服するために本発明者は、電気光学効果の大きい PLZT 系薄膜からなる光スイッチを提案した。すなわち、第 2 図に示すように例えばサファイヤ（ α -アルミナ）基板 21 上

を保護被膜 22 で覆い、この保護被膜 22 に互いに交差する導波路 23 を設け、且つこの導波路 23 に PLZT セラミクス 24 を埋設することにより形成した RS (raised strip) 型光導波路を設け、石英ガラスのパッファ層 14 を介してその上に制御電極 13 を設けた構造である。この第 2 図の構成においては、PLZT 系薄膜 24 の電気光学効果は大きいので、光スイッチの低電圧駆動化が実現され、同時に熱処理を要しないため形成が容易であり微小光学素子の同一基板上での一体化が実現された。又、半導体素子との集積化もサファイヤ基板の使用により形成が容易となった。

上記第 2 図の構成の PLZT 系薄膜光スイッチは、通常の光の ON-OFF の使用には、電界無印加時の 2 本の出力光導波路の出力光強度比すなわち分岐比が 10 dB 程度で、又電界印加時と無印加時の同一導波路の出力光強度比すなわち消光比が 10 dB 程度であるため使用しうる。しかし、 10 dB 程度の分岐比および消光比では信号伝送、特にアナログ伝送の場合漏話特性がかならずしも

良好ではない。また、この構造の光導波路はマルチモード導波路であり、且つ高次モードへの変換が生じやすく S/N 比が劣化し、伝送距離を長くとれないという欠点があった。この点を改良するためにシングルモード化すると上記構造では光伝搬損失が増加し実現することができなかった。

発明の目的

本発明の目的は、薄膜光導波路からなる光スイッチの構造と構成材料を提供するものである。特に本発明の目的は PLZT 系薄膜からなる光スイッチの構造と構成材料を提供するものである。すなわち本発明は、PLZT 系薄膜光スイッチの導波路構造に改良を加え、消光比ならびに分岐比を改善したものである。

発明の構成

本発明の光スイッチは、サファイヤ（ α -アルミナ）基板と上記サファイヤ基板上に設けられた PLZT 系薄膜からなる少なくとも 2 本の互いに交差する光導波路と、上記光導波路の交差路上に設けられた一定間隔の電極空隙と、上記電極空隙

が上記光導波路の鋭角なる交差角の 2 等分線上に位置するように上記交差路上に配置された制御電極と、上記光導波路と制御電極との間に設けた PLZT 系薄膜より小さい屈折率を有するパッファ層とを備え、上記光導波路を、上記 PLZT 系薄膜表面に帯型の上記 PLZT 系薄膜よりなる凸部（リッジ部）を形成して構成したものである。

実施例の説明

第 3 図は本発明の一実施例にかかる光スイッチの要部平面構造および上記光スイッチを構成する光導波路の要部断面構造である。同図の光スイッチは、サファイヤ（ α -アルミナ）基板 21 上に PLZT 系薄膜 31 からなる少なくとも 2 本の交差する光導波路 32 を設け、上記光導波路の交差路 33 上に設けられた一定間隔の電極空隙 131 を有し、電極空隙 131 を上記光導波路 32 の鋭角なる交差角の 2 等分線上に形成し、さらに光導波路 32 の交差路 33 上に上記空隙 131 を形成するように制御電極を配置し、光導波路 32 と制御電極 13 との間に PLZT 系薄膜 31 より小さ

い屈折率を有するパフ膜14とを設け、上記光導波路32を、PLZT系薄膜31の一部32Aとこの32A表面に形成した帯型のPLZT系薄膜よりなるリッジ部32Bにより構成したものである。

本発明者らは上記第3図の構造において従来の光スイッチにおける拡散型導波路であるのと異なり、PLZT系薄膜でリッジ部32Bを有する光導波路でもモード変換が少なく、又光伝搬損失も問題とならないことを見出し、これらの発見に基づいて本発明にかかる光スイッチを実現した。

すなわち、第1図に示したように、従来の光スイッチにおけるグレイトインデックス構造のTi-拡散型LiNbO₃光導波路と異なり、通常光導波路として用いられる膜厚0.1~2μmのPLZT系薄膜で、光導波路32の幅3~30μm、リッジ部32Bと周辺部との膜厚差すなわちステップ高がリッジ部のPLZT系薄膜全体の厚さの1/4以下の構造でマルチモード光導波路を形成しても、モード変換は問題なく、光伝搬損失も20dB/cm以

下(波長1.06μmレーザ光)で素子として突用しうることを見出し、これらの発見に基づいて本発明にかかる光スイッチを実現した。そしてこの分岐比特性は交差角2°以上で14dB以上得られることを確認した。この場合、光導波路32の幅3μm未満では光伝搬損失が20dB/cmを越え、又30μmを越えると素子寸法が大きくなり実用的ではない。

また、第3図において前述したステップ高がリッジ部膜厚の1/4以上になると高次モード変換が多くなり本発明の特長が現れにくくなった。さらに、上記構造の光導波路においては、Ti-拡散型LiNbO₃光導波路に見られた光導波路の広がりがなく、又ステップ高も600nm以下でよいため、平面構成が容易であり微小なマイクロレンズの組み込みのことも確認した。くわえて、第3図において、電極空隙131の間隔が2~10μmであると、スイッチング駆動電圧が低減することを確認した。空隙131の間隔が2μm未満ではエバネセント波による光波の収まり込みにより空隙

131下の低屈折率層を光波が通過し、10μm以上にすると電界が十分に空隙に印加されないのて駆動電圧が高くなった。又、空隙131の長さも光導波路の交差部全体にわたって形成すると最良の消光比が得られたが、少なくとも交差部の長さの1/2以上あれば交差角2°で14dB以上得られ実用上有用であることを確認した。

本発明者らは、この種の構成において構成材料をさらに詳細に調べた結果、イオン蒸着法たとえばマグネトロンスパッタ法を用いてPLZT系薄膜31を形成すると、電気光学効果の大きい組成領域の存在することを見出し、この発見に基づきさらに有効な光スイッチを発明した。すなわち、本発明者らはPLZT系薄膜31形成時のスパッタ用ターゲット組成において、PbおよびTiのモル比率Pb/Tiが、 $0.65 \leq Pb/Ti \leq 0.90$ の範囲においてLiNbO₃単結晶と同等もしくはそれ以上の電気光学効果を有することを見出した。さらに本発明者らは、Pb/Tiモル比率が $0.7 \leq Pb/Ti \leq 0.8$ であれば、LiNbO₃単結晶に比べ

2倍以上の電気光学効果の有することも見出した。Pb/Ti < 0.65 あるいは Pb/Ti > 0.90 の場合LiNbO₃単結晶以下であり本発明の目的にとって望ましくない。なお、従来セラミクス材料においては、この $0.65 \leq Pb/Ti \leq 0.90$ 範囲の組成領域では電気光学効果は期待されてなく、測定データもなかった。本発明者らは、この組成範囲を含む領域で薄膜化を試み、第4図に示すようなセラミクス材料で予想されなかった大きな電気光学効果を用いて光スイッチを構成し駆動電圧の低い光スイッチを形成できることを確認した。

第4図において、Pb/Tiの比率を変えたときの電気光学効果の測定値を示す。同図において、曲線41はPLZT系薄膜の2kV/mmの電界印加時の電気光学効果のPb/Tiモル比率依存性を示す。この曲線との比較のため曲線42にLiNbO₃単結晶の特性を示した。同図より、Pb/Tiモル比率が、 $0.65 < Pb/Ti < 0.90$ の範囲ではLiNbO₃よりも大きい電気光学効果が得られ、上記組成において本発明にかかる光スイッチを構成

すると、例えば交差角 2° 、導波路幅 $20\mu\text{m}$ のマルチモード光導波路で電極空隙 $4\mu\text{m}$ の場合 20V の電圧印加により伝搬光が完全にスイッチング動作した。

第5図において上記構成の光スイッチの印加電圧を変化させたときの出力光強度の実測値を示した。従来、PLZT薄膜は LiNbO_3 結晶($\epsilon \approx 100$)より誘電率が大きく、例えば $28/0/100$ の組成のPLZT系薄膜の誘電率はおよそ 2000 であり、そのため通常バッファ層として低誘電率材料を用いるので電界が光導波路に十分に印加されないと考えられていた。しかし、意外にも第5図のごとく 20V でスイッチング動作しており、同一電極空隙間隔そして交差角のTi拡散型 LiNbO_3 光導波路光スイッチの動作電圧 $50 \sim 60\text{V}$ の $1/2$ 以下の動作電圧を実現でき、実用上有効であることを確認した。この場合、サファイヤC面(0001)基板21で構成すると、PLZT系薄膜31の(111)面がエピタキシャル成長し、上記PLZT系薄膜は制御電極の主平面内に

μm のPLZT系薄膜31を蒸着した。この場合ターゲットの組成は、PLZT28/0/100、スパッタターゲット径 $\phi 100\text{mm}$ 、基板温度 500°C 、スパッタ電力 200W であった。蒸着されたPLZT系薄膜31の構造は111面の単結晶であり、屈折率は 2.6 (He-Neレーザ $0.6328\mu\text{m}$)であった。

次に、このPLZT系薄膜の表面を例えば光導波路32の幅 $20\mu\text{m}$ 、交差角 2° となるように、フォトリソ、例えばAZ1450Bでマスクングして、PLZT系薄膜31をイオンビームエッチング法により例えば 65nm だけエッチングを施した。このように加工するとリッジ部32Bを有する導波路32が形成され、光はリッジ部32Bを有する導波路32に閉じ込められ伝搬することが可能となる。次に、PLZT系薄膜31上に、酸化タンタル膜をマグネトロンスパッタ法によりバッファ層14として 150nm 蒸着した。蒸着された酸化タンタル膜は非晶質であり、屈折率は 2.1 (He-Neレーザ $0.6328\mu\text{m}$)であ

おける方位に関係なく大きな電気光学効果をもっていることを見出しており、このため、光導波路32の主平面内での形成方位が任意であり LiNbO_3 単結晶基板に比べ非常に形成が容易である。さらに、本発明者らは、上記バッファ層14として酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化亜鉛などの酸化物あるいは硫化ヒ素、硫化亜鉛などの硫化物が有効であることを発見した。これらの材料はPLZT薄膜との接着性が良く、又光伝搬損失も増加させることなく形成できることを確認した。特に酸化タンタルはPLZT系薄膜31上でも結晶核が出来にくい非晶質膜で光伝搬特性に優れ、且つ可視光から赤外まで透明であり、又屈折率は 2.1 で比較的大きく誘電率も 20 程度なので誘電率の大きいPLZT系薄膜に電界を印加する場合有効であることを確認した。

具体例1

基板21として表面研磨されたサファイヤ(α -アルミナ)C面基板0001を用い、基板21上に高周波マグネトロンスパッタにより厚さ 0.4

μmのPLZT系薄膜31を蒸着した。この場合ターゲットの組成は、PLZT28/0/100、スパッタターゲット径 $\phi 100\text{mm}$ 、基板温度 500°C 、スパッタ電力 200W であった。蒸着されたPLZT系薄膜31の構造は111面の単結晶であり、屈折率は 2.6 (He-Neレーザ $0.6328\mu\text{m}$)であった。

次に、このPLZT系薄膜の表面を例えば光導波路32の幅 $20\mu\text{m}$ 、交差角 2° となるように、フォトリソ、例えばAZ1450Bでマスクングして、PLZT系薄膜31をイオンビームエッチング法により例えば 65nm だけエッチングを施した。このように加工するとリッジ部32Bを有する導波路32が形成され、光はリッジ部32Bを有する導波路32に閉じ込められ伝搬することが可能となる。次に、PLZT系薄膜31上に、酸化タンタル膜をマグネトロンスパッタ法によりバッファ層14として 150nm 蒸着した。蒸着された酸化タンタル膜は非晶質であり、屈折率は 2.1 (He-Neレーザ $0.6328\mu\text{m}$)であ

発明の効果

以上のように本発明にかかる光スイッチにおいては、従来のTi拡散光導波路光スイッチにおいて形成のできなかったLBD、半導体レーザ等の発光素子あるいはフォトダイオード、フォトランジスタ等の受光素子を、サファイヤ基板を使用しているためモノリシックに集積化でき、熱処理による拡散工程がないため他の光学素子を容易に形成できる利点を有している。又、電気光学効果の大きいPLZT薄膜を使用しているため低電圧

動作が可能である。さらにマルチモード導波路であるにもかかわらず分岐比および消光比に優れており、光集積素子としての工業的価値は高いものである。

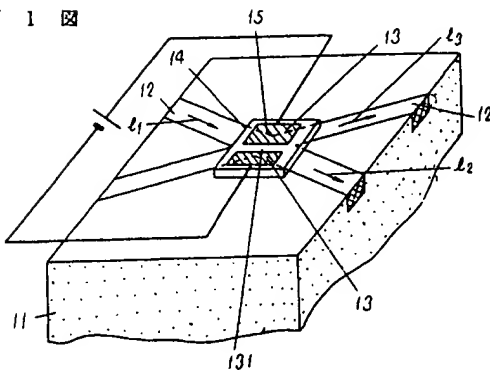
4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の光スイッチの構造を示す斜視図、第2図は本発明者らの提案にかかる光スイッチの構造を示す斜視図、第3図は本発明の一実施例にかかる光スイッチの構造を示す図、第4図は本発明におけるPLZT系薄膜の $2\text{ kV}/\mu\text{m}$ の電圧印加時における複屈折率変化を示す図、第5図は本発明の一実施例にかかる光スイッチのスイッチング特性を示す図である。

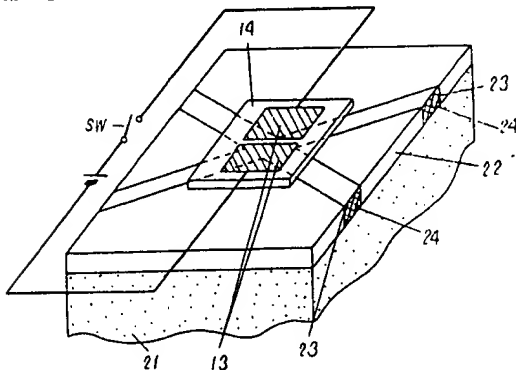
13……制御電極、14……パッド層、21……サファイヤ基板、31……PLZT系薄膜、32……光導波路、32B……リッジ部、33……交差路、131……制御電極空隙。

代理人の氏名 弁護士 中 尾 敏 男 はか1名

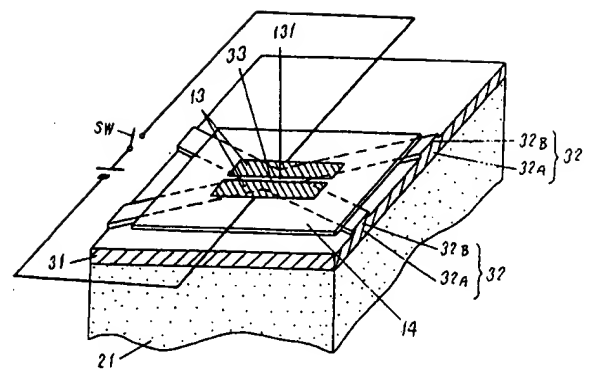
第 1 図



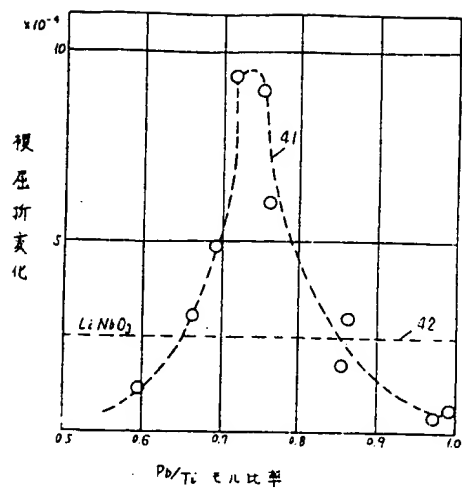
第 2 図



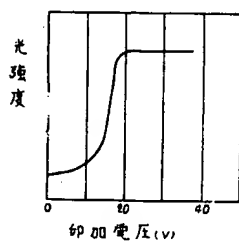
第 3 図



第 4 図



第 5 図



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 59176731 A

(43) Date of publication of application: 06 . 10 . 84

(51) Int. Cl

G02F 1/315

G02B 5/174

(21) Application number: 58050677

(22) Date of filing: 25 . 03 . 83

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: KAWAGUCHI TAKAO
ADACHI HIDEAKI
SETSUNE KENTARO
WASA KIYOTAKA

(54) OPTICAL SWITCH

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain an optical switch whose quenching ratio and branching ratio are improved by using a sapphire substrate and integrating a light emitting element and a photodetecting element monolithically.

CONSTITUTION: The optical switch is provided with at least two crossing light guides 32 made of PLZT thin films on a sapphire (α -alumina) substrate 21 and has a constant-interval electrode gap 131 provided on the intersection path 33 of the light guides 32. The electrode gap 131 is formed on the bisector of the acute angle of intersection of the light guides 32, and a control electrode 13 is arranged to form a gap 131 on the intersection path, and a buffer layer 14 having a smaller reflective index than the PLZT thin films 31 is provided between the light guides 32 and control electrodes 13; and the light guides 32 consist of some parts 32A of the PLZT thin films and the ridge part 32B made of beltlike PLZT thin film.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

